



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 53 701.1

Anmeldetag: 18. November 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Vergossene HF-Bauteile, insbesondere für MRI-Scanner, mit Aktoren zur aktiven Lärmbekämpfung sowie Verfahren zu seiner Herstellung

IPC: G 01 R 33/385

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Letang', followed by the printed name 'Letang'.

Beschreibung

Vergossene HF-Bauteile, insbesondere für MRI-Scanner, mit Aktoren zur aktiven Lärmbekämpfung sowie Verfahren zu seiner
5 Herstellung

Die Erfindung bezieht sich auf vergossene HF-Bauteile, insbesondere HF-Spulen und Gradientenspulen für MRI-Scanner, mit Aktoren zur aktiven Lärmbekämpfung.

10

Gradientenspulen in MRI-Scannern erzeugen zeitlich und ihrer Amplitude variable Magnetfelder. Sie werden dabei innerhalb eines statischen Grundfeldes, d. h. in einem Grundfeldmagneten, betrieben. Hierbei wirken dynamische Lorentz-Kräfte auf
15 die Gradientenspulenleiter, die deren Struktur zu Schwingungen anregen. Daraus resultiert eine starke Geräuschentwicklung beim Betrieb des Scanners.

20

Um die Lärmentwicklung bzw. die Schwingungsintensität einer Gradientenspule aktiv zu reduzieren, ist bereits vorgeschlagen worden, Aktoren (z. B. Piezokeramiken, magnetostriktive Aktoren od. dgl.) an geeigneten, eigenmodenspezifischen Stellen einzubauen, die im Betrieb eine Gegenkraft zur Lorentz-Kraft der Gradientenspule erzeugen. Eine Reduktion der Vibrationsamplituden um 30 dB ist dabei nach der Theorie durchaus
25 realistisch.

30

Eine Realisierung dieser Maßnahme ist bisher noch nicht erfolgt, vermutlich wegen des schwierigen technischen Problems, geeignete Befestigungspunkte für die Aktoren zu schaffen, die eine Kraftübertragung von typischerweise um 10 kN pro Aktor auf die Gradientenstruktur ermöglichen. Diese Befestigungspunkte müssen in jedem Fall innerhalb der Harzmatrix der vakuumvergossenen Spule liegen, damit die Angriffspunkte der
35 Aktoren zur Erzeugung einer Gegenkraft zur Lorentz-Kraft der Gradientenspule auch dort liegt, wo die zu bekämpfenden Schwingungen auftreten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, vergossenen HF-Bauteile der eingangs genannten Art so auszubilden, dass eine exakte Positionierung der Aktoren am Ort der Lärmentstehung möglich ist, wobei nach Möglichkeit die Aktoren und deren elektrische Anschlussleitungen austauschbar angeordnet sein sollten.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Aktoren in Form eines Aktormoduls mit starr an den beiden Enden des Aktors befestigten Halteabschnitten an zwei beabstandeten, in den Verguss eingebetteten und mit jeweils einem Befestigungsabschnitt in eine Aussparung im Verguss einragenden Aktoraufnahmeelementen befestigt, insbesondere angeschraubt, sind, wobei die Aktoraufnahmeelemente insbesondere gelochte Verankerungsplatten mit Gewindebohrungen in den vorzugsweise verdickten Befestigungsabschnitten sind.

Da die Schwingungsamplituden im Submillimeterbereich (typisch $< 10\mu\text{m}$) liegen, muss die Anbindung zwischen Aktor und Aktoraufnahmeelementen spielfrei erfolgen. Biege- und Torsionsspannungen im Aktor wirken sich negativ auf die Funktion und Lebensdauer des Aktors aus. Daher besteht die technische Anforderung, die Krafteinleitungselemente genügend genau in der Spule zu positionieren, um einen Aktor nach Verguss frei von Biege- und Torsionsspannungen einbauen und die zu erzeugenden Gegenkräfte möglichst verlustfrei in die Spulenstruktur einleiten zu können. Um die Fertigung einfach und wirtschaftlich zu gestalten, ist dabei erfindungsgemäß vorgesehen, dass eine Kraftübertragung durch Haftreibung, d. h. geschraubte Verbindungsflächen zwischen Aktor und Aktoraufnahmeelementen realisiert ist.

Um diese Genauigkeit der Positionierung der Aktoraufnahmeelemente und des an ihnen zu befestigenden Aktormoduls zu erzielen, ist erfindungsgemäß ein Verfahren vorgesehen, bei dem die beiden Aktoraufnahmeelemente an einer aus dem Verguss herausstehenden, im Wesentlichen der Grundfläche des Aktors

entsprechenden, Einbaulehre befestigt und beim Vergießen des Bauteils in der vorbestimmten Einbaustellung gehalten werden, derart, dass die Befestigungsflächen und Gewindebohrungen nicht von der Vergussmasse benetzt werden. Ein Benetzen
5 würde die Funktion beeinträchtigen, sowohl hinsichtlich der geforderten verlustarmen und spielfreien Kraftübertragung, als auch der Anforderung die Aktoren biege- und torsionsspannungsarm einzubauen. Das nachträgliche Entfernen eines Vergussfilms auf den Kontaktflächen der Aktoraufnahmeelemente
10 wäre sehr arbeitsintensiv, aufwändig und führt zu ungenügender Funktionssicherheit. Es ist daher von großer Wichtigkeit, ein Benetzen der Kontaktflächen mit Vergussmasse zu verhindern, was durch das erfindungsgemäße Verfahren mit einer Einbaulehre, die praktisch ähnlich ausgebildet ist, wie der später einzubauende Aktormodul, erzielt werden kann.
15

Beide Aktoraufnahmeelemente werden nach Verschrauben mit der Einbaulehre in Position gebracht, wobei in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen sein kann, dass die Einbaulehre mit mehreren auf den Befestigungsabschnitten der Aktoraufnahmeelemente aufsitzenden Abstandsstiften versehen ist, die jeweils
20 eine einen Befestigungsabschnitt abdeckende elastische Dichtungsplatte durchsetzen, deren Dicke etwas größer ist, als die Länge der Abstandsstifte. Beim Anschrauben der Einbaulehre an den Aktoraufnahmeelementen wird die Dichtungsplatte so
25 weit zusammengedrückt, dass auf jeden Fall die Abstandsstifte zur Anlage kommen und auf diese Art und Weise die Kraftübertragungsflächen zueinander ausgerichtet werden. Der definierte Spalt zwischen den Flächen wird durch die Dichtungsplatte, vorzugsweise aus Silikon, mit einer Shore Härte von 40, Gummi
30 od. dgl., vollständig ausgefüllt, sodass absolut sicher ist, dass sich auf den Befestigungsabschnitten keine Vergussmasse absetzen kann.

35 Um die Einbaulehre nach dem Aushärten des Vergusses und dem Lösen der Schrauben zu den Aktoraufnahmeelementen wieder abziehen zu können, kann in Ausgestaltung der Erfindung vorge-

sehen sein, dass die Einbaulehre mit Gewindesackbohrungen versehen ist, in die entsprechende Abzieh-Werkzeuge eingreifen können.

- 5 Gemäß einem weiteren Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass für die Einbaulehre eine die Befestigungsschrauben und die Gewindesackbohrungen überdeckende abnehmbare Schutzplatte zur Verfügung steht, die eine Benetzung ihrer Außenfläche speziell aber der Schrauben und auch
10 der Gewindesackbohrungen zum Abziehen verhindert. Zur Befestigung dieser Schutzplatte können im einfachsten Fall Dichtnoppen dienen, die klemmend in die Gewindesackbohrungen eingreifen. Entsprechende Dichtnoppen können auch im Bereich der Schrauben vorgesehen sein, um die üblicherweise als In-
15 busschrauben ausgebildeten Betätigungsausnehmungen zu schützen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung. Dabei zeigen:
20

Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Einbaustelle eines erfindungsgemäßen vergossenen HF-Bauteils mit eingesetztem Aktormodul,

25 Fig. 2 einen Längsschnitt durch den Aktormodul in Fig. 1,

Fig. 3 einen Längsschnitt durch die Anordnung nach Fig. 1 während des Einbaus der Aktoraufnahmeelemente mit-
30 hilfe einer Einbaulehre,

Fig. 4 einen Schnitt durch die Einbaulehre,

Fig. 5 Aufsicht auf die Einbaulehre,
35

Fig. 6 eine Aufsicht auf eine Dichtungsplatte,

Fig. 7 eine Aufsicht auf die Schutzplatte für die Außenfläche der Einbaulehre,

Fig. 8 ein vergrößerter Ausschnitt VIII aus Fig. 3 und

Fig. 9 einen Schnitt durch die Schutzplatte.

Die Aktoraufnahmeelemente 1 und 2, die bevorzugt aus Stahl oder Messing bestehen, sind im dargestellten Ausführungsbeispiel gelochte Platten, die in die Vergussmasse 3 eingebettet sind, wobei am vorderen Ende dieser Platten verdickte Befestigungsabschnitte 4 und 5 vorgesehen sind, die teilweise in eine Aussparung 6 einragen. Auf die dort freiliegenden Kontaktflächen 7 und 8 der Befestigungsabschnitte ist ein Aktor-
modul 9 aufgeschraubt, der aus dem eigentlichen Aktor 10 und zwei starr mit einem Ende verbundenen Halteabschnitten 11 und 12 besteht.

Zur Positionierung und Einbringung der Aktoraufnahmeelemente 1 und 2 in die Vergussmasse 3 werden diese Aktoraufnahmeelemente zunächst mit einer Einbaulehre 13 verschraubt, die im Bereich über den Kontaktflächen 7 und 8 der Befestigungsabschnitte 4 und 5 mit exakt bemessenen Abstandsstiften 14 und 15 versehen ist, die auf den Kontaktflächen 7 und 8 unter Bildung eines definierten Spalts aufsitzen, sobald die Einbaulehre 13 mithilfe von Schrauben mit den Aktoraufnahmeelementen 1 und 2 verschraubt worden ist. Zwischen den Bauteilen ist dabei eine Dichtungsplatte 16 angeordnet, die um wenige Zehntel Millimeter dicker ist als die Länge der Abstandsstifte 14, 15. Beim Anschrauben wird diese aus Silikon, Gummi od. dgl. bestehende Dichtungsplatte 16 zusammengedrückt, sodass die Stifte in jedem Fall auf den Kontaktflächen 7 und 8 aufsitzen und eine exakte Ausrichtung der Aktoraufnahmeelemente 1, 2 gegeben ist. Die Befestigung der Einbaulehre mit den daran angeschraubten Aktoraufnahmeelementen kann gegebenenfalls an der äußeren Gießform stattfinden, wozu beispielsweise ein nicht gezeigter Bolzen an der Einbaulehre 13 vorgese-

hen sein kann. Bevorzugt wird man aber die Befestigung dadurch erzielen, dass man die Aktoraufnahmeelemente 1 und 2 an geeigneter Stelle an den Leitern der jeweiligen Spule oder an benachbarten Kühlschlangen befestigt, um auf diese Art und Weise die Zuordnung des Aktors speziell zur Leitergeometrie zu haben, die in der Praxis nicht immer ganz genau gleich ausfällt, sodass eine Ausrichtung durch Befestigung an der äußeren Form für den Verguss möglicherweise nicht die optimale Positionierung an einer eingenmodenspezifischen Stelle gewährleisten kann.

Die Einbaulehre 13 ist durch eine Schutzplatte 18 abgedeckt, die mit ersten Dichtnoppen 19 versehen sind, die klemmend in Gewindesackbohrungen 20 der Einbaulehre 13 eingreifen, die zum Abziehen dieser Einbaulehre nach dem Aushärten des Vergusses 3 dienen. Weitere Dichtnoppen 21 greifen in die Inbussausnehmungen 22 der Schrauben 23, die die Einbaulehre 13 mit den Aktoraufnahmeelementen 1 und 2 verbinden. Auf diese Art und Weise ist verhindert, dass Vergussmasse in diese Inbussausnehmungen oder in die Gewindesackbohrungen eindringen kann; was ja die Funktionsweise stark beeinträchtigen würde. Die Schutzplatte 18 ist mit einem umlaufenden verdickten Rand 24 versehen, die einen Stabilitätsgewinn bewirkt. Sie stellt außerdem eine Trennkante zur Vergussoberfläche 25 dar, um die Abdeckung einfacher entformen zu können.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt. Ersichtlich könnten die Aktoraufnahmeelemente auch in anderer Weise geformt und ausgebildet sein. Gleiches gilt für die Form und Ausgestaltung der Einbaulehre 13, für die es lediglich darauf ankommt, dass sie den gesamten Raum für die Aufnahme des Aktormoduls 9 freihält und dabei auch sicherstellt, dass die Kontaktflächen 7 und 8 zur Schraubbefestigung des Aktormoduls an den Aktoraufnahmeelementen 1 und 2 von Vergussmasse freigehalten werden.

Patentansprüche

1. Vergossene HF-Bauteile, insbesondere HF-Spulen und Gradientenspulen für MRI-Scanner, mit Aktoren zur aktiven Lärm-
5 bekämpfung, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -
n e t , dass die Aktoren (10) in Form eines Aktormoduls
(9) mit starr an beiden Enden des Aktors (10) befestigten
Halteabschnitten (11, 12) an zwei beabstandeten in den Ver-
guss eingebetteten und mit jeweils einem Befestigungsab-
10 schnitt (4, 5) in eine Aussparung (6) im Verguss (3) einra-
genden Aktoraufnahmeelementen (1, 2) befestigt, insbesondere
angeschraubt, sind.
2. HF-Bauteil nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
15 k e n n z e i c h n e t , dass die Aktoraufnahmeelemente
(1, 2) insbesondere gelochte Verankerungsplatten mit Gewinde-
bohrungen in den vorzugsweise verdickten Befestigungsab-
schnitten (4, 5) sind.
- 20 3. Verfahren zur Herstellung eines HF-Bauteils nach An-
spruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Ak-
toraufnahmeelemente an einer aus dem Verguss herausstehenden,
im Wesentlichen der Grundfläche des Aktors entsprechenden,
Einbaulehre befestigt und beim Vergießen des Bauteils in der
25 vorbestimmten Einbaustellung gehalten werden, derart, dass
die Befestigungsflächen und Gewindebohrungen nicht von der
Vergussmasse benetzt werden.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Einbaulehre mit mehre-
ren, den Befestigungsabschnitten der Aktoraufnahmeelemente
aufsitzenden Abstandsstiften versehen ist, die jeweils eine
einen Befestigungsabschnitt abdeckende elastische Dichtungs-
platte durchsetzen, deren Dicke etwas größer ist, als die
35 Länge der Abstandsstifte.

5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Einbaulehre mit Gewin-
desackbohrungen zum Abziehen aus dem Verguss versehen ist.

5 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, g e k e n n -
z e i c h n e t d u r c h eine die Befestigungs-
schrauben und die Gewindesackbohrungen überdeckende, abnehm-
bare Schutzplatte für die Einbaulehre zur Verhinderung einer
Benetzung ihrer Außenfläche durch die Vergussmasse.

10

7. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Schutzplatte mit in
die Gewindesackbohrungen klemmend eingreifenden Dichtnoppen
versehen ist.

15

Zusammenfassung

Vergossene HF-Bauteile, insbesondere für MRI-Scanner, mit Aktoren zur Aktiven Lärmbekämpfung sowie Verfahren zu seiner
5 Herstellung

Vergossene HF-Bauteile, insbesondere HF-Spulen und Gradientenspulen für MRI-Scanner, mit Aktoren zur aktiven Lärmbekämpfung, wobei die Aktoren (10) in Form eines Aktormoduls
10 (9) mit starr an beiden Enden des Aktors (10) befestigten Halteabschnitten (11, 12) an zwei beabstandeten in den Verguss eingebetteten und mit jeweils einem Befestigungsabschnitt (4, 5) in eine Aussparung (6) im Verguss einragenden
Aktoraufnahmeelementen (1, 2) befestigt, insbesondere ange-
15 schraubt, sind.

Fig. 1

FIG 1

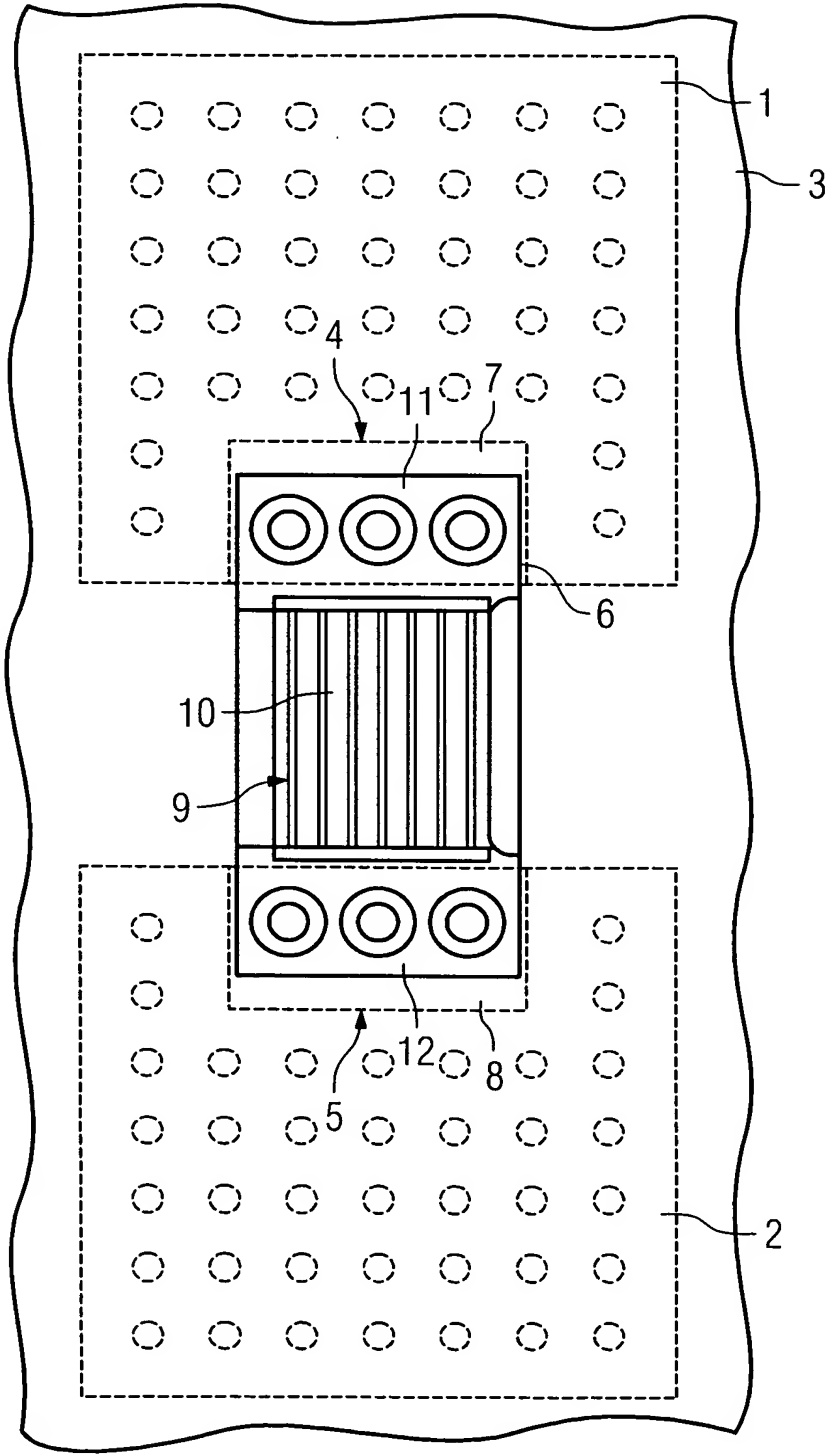


FIG 2

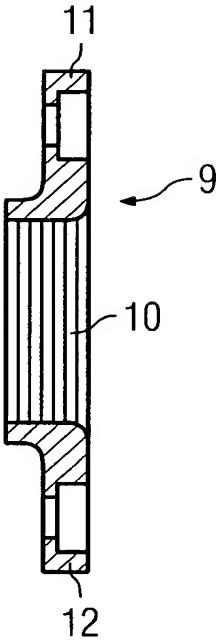


FIG 3

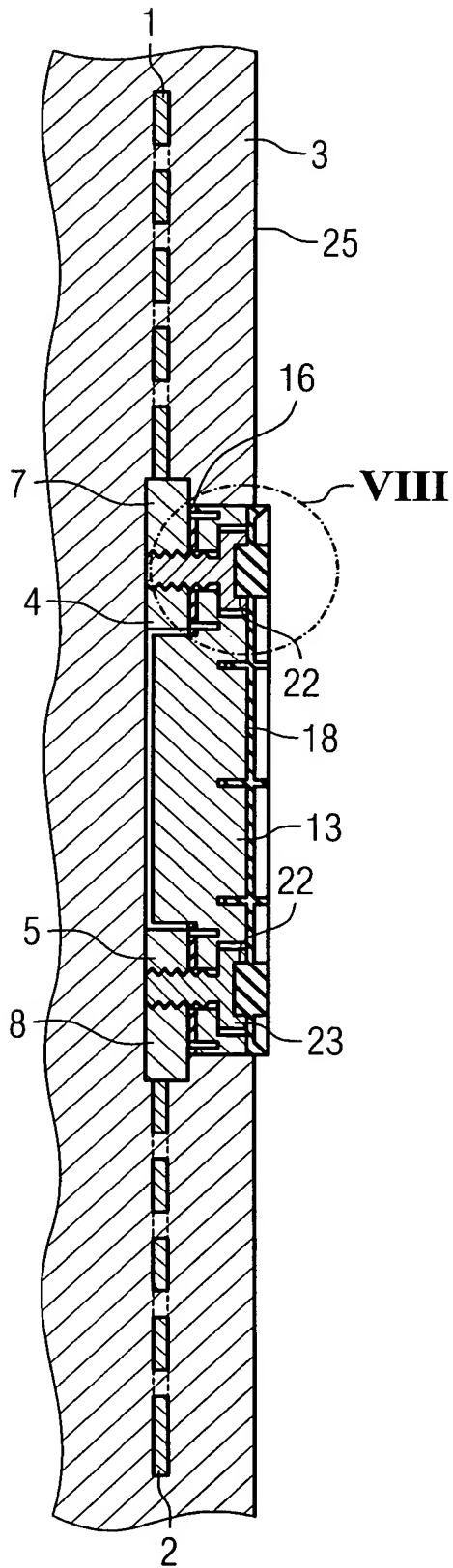


FIG 4

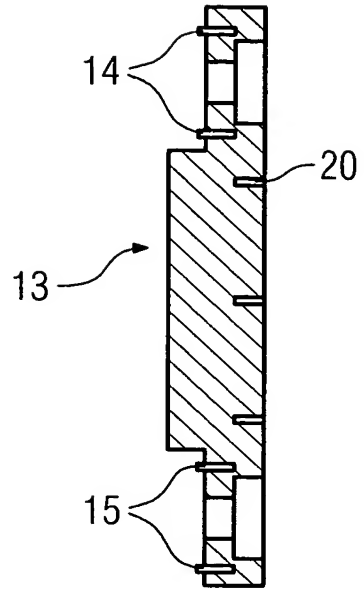


FIG 5

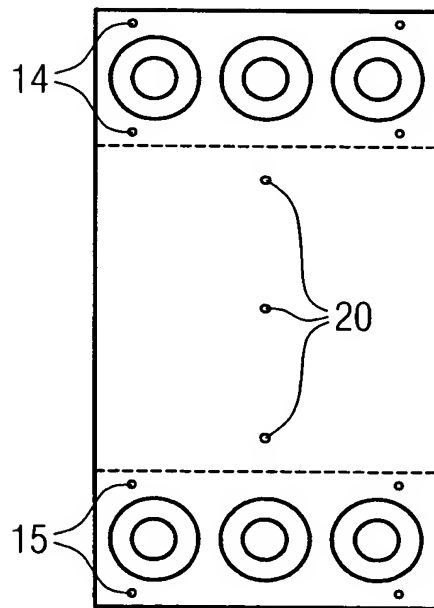


FIG 6



FIG 7

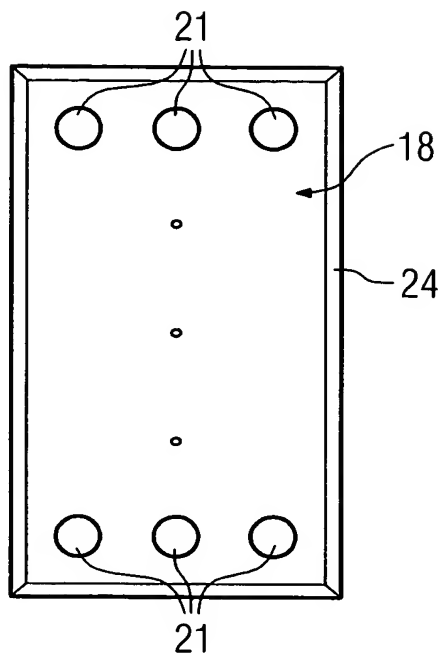


FIG 8

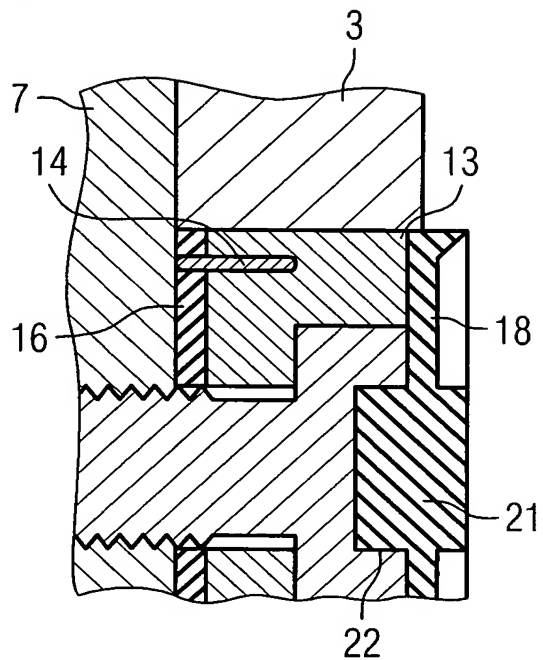


FIG 9

